

# 水稻土研究的进展

—为庆祝建国40周年而作

徐 琦

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘要

文章介绍了建国以来中国科学院南京土壤研究所在水稻土的发生分类、形成特点、理化特性以及肥力培育和改良方面的研究成果。

我国是主要稻米生产国之一。在我国，水稻土虽占总耕地面积的25%，而稻谷总产却占粮食总产的45%，由于水稻抗逆性强、产量高而较稳定，所以随着生产条件的不断改善，稻田面积不断扩大，建国40年来，我国稻田面积估计增加20%左右。

我所对水稻土的研究有较好的基础，早在30年代，我所前身——原中央地质调查所土壤室的土壤学家们就开始进行水稻土分类的研究，并引起世人的注目。中华人民共和国成立后，随着研究条件、研究手段的改善与提高以及研究力量的增强，我所在水稻土的研究上又有长足的进步，其中尤以水稻土发生分类、水稻土的形成特点、水稻土特性以及肥力培育与改良方面的研究，在国内外都产生了积极的影响，其中的某些研究领域已居于领先地位。

## 一、水稻土发生分类

水稻土发生分类的研究，继“三育”(潴育、潜育和淹育)原则之后，40年来又进行了多种分类方案的尝试。

(一)“三源”与“三水”分类 “三源”是指水稻土的起源土壤而言，概言之，可区分为沼泽土、草甸土与地带性土壤，系作为亚类区分依据。这一分类原则国内外均有人采用。在第一次全国土壤普查之后发表的南方水稻土分类中得到了明白的阐述：“我国水稻土面积广阔，种类繁多，但究其起源不外乎三种，即地带性土壤(自型土)起源的，草甸土(半水成土)起源的，沼泽土(水成土)起源三种。”这一分类的不足之处是过分强调了起源本身，而忽视水稻土形成发育的阶段性。

与之相应的是“三水”原则，这一原则是日本学者提出的，它与“三源”原则有异曲同工之妙，与起源土壤一致，就水分状况而言，亦不外三种，即地下水型，地表水型与过渡(或良)水型，地下水型即沼泽土，地表水型即地带性土，过渡(或良)水型即草甸土。

(二)地理发生原则 我国地域辽阔，水稻土分布全国各地、跨越主要的生物气候带，耕作制度比较复杂，着眼于熟制对水稻土之影响，由此导致地带性与三源相结合的分类系统。由于熟制在一个地区也有变化，同时水稻土的形成发育究竟受熟制的影响大？还是受起源土壤影响大？难以论证，所以用生物气候带作为亚纲划分的依据就离开了土壤本身。有鉴于此，在

以后的分类中仅用地区概括，如红壤（南方），黄棕壤与北方地区的水稻土，再以“三水”或“三源”续分亚类。

（三）属性或过程原则 根据土壤属性或基于形成过程作用强度进行土壤分类也是通用的原则之一。基于母质土壤形成与水稻土形成过程中淋溶作用都占首要地位的理解，由此产生了弱、中、强淋溶型水稻土的分类尝试。与此同时，在三育原则基础上提出了划分铁质、铁铝质、铝质与石灰性等土属的建议。

水稻土形成过程的特点是氧化还原过程及其交替强度，所以以过程表观强度来进行水稻土分类的也是可取的途径之一。大致可区分为氧化型，氧化还原型与还原型三类，这与“三水”原则类同。

（四）“五水”或“五育”原则 人工渍水被认为是水稻土形成的主导因素之一，水分类型与水稻土中物质淋溶淀积关系至密，突出“三水”的水文地质特点，强调水分在水稻土中的行径与淋淀关系，由此导出“五水”分类的原则。以此来明确水分行径与水稻土发育的关系，发展为“五育”原则，即把水稻土区分为侧渗型、潴育（爽水）型、滞育（滞水）型、渗育（漏水）型、潜育（壅水）型水稻土，这五类水稻土均具有各自的土体构型，铁锰淋溶淀积特点以及花斑状分异特征。

在水稻土命名上仍是采用两段制，土属以上是连续命名。土种多采用当地名称，由于分类原则不一，命名上也有所不同。

对于哪些属性是水稻土固有的，哪些属性是起源土壤遗留的目前尚无定论，同时，为了把大面积的新稻田土壤也置于分类系统之内，如沼泽型水稻土、盐渍型水稻等等也相应列出。

关于水稻土分类在国外可资借鉴的经验不多，上述观点对推动我国乃至国际上水稻土分类的研究均有积极作用。

## 二、水稻土形成特点及有关理化性质

水稻土系人工水成土，在平整土地、修建稻田基础上，通过频繁的灌排、耕耘与施肥，不断对土层进行扰动，同时季节性氧化还原过程的交替，使起源土壤的某些性质发生变质，水稻土特征逐步明显。现将形成特点及有关理化性质研究进展简介于下。

（一）氧化还原特点 人工渍水与自然渍水均承受氧化还原过程，但作用状况上有一定区别，所以形成水稻土的某些特征。

研究表明，水稻土中氧化与还原作用交替明显。灌溉期间，只耕层  $Eh$  值迅速下降，达到负值，犁底层以下多处氧化状态，由于易分解有机物质的分解，在淹水 2—3 周内  $Eh$  值降至最低点，之后又趋回升。耕层氧化还原电位微区测定表明，根际高于四周土体，旱季则反之；耕层土块表面与土块内部也有区别，落干后，土块表面高于内部，淹水时则反之。犁底层以下各层虽处氧化状态，但微区分异也很明显，结构面灰色胶膜及青灰色斑块， $Eh$  值低于锈色土体。由此可解释水稻土铁锰呈花斑状淋淀的原因。

（二）淋溶淀积特点 矿质元素在渍水土壤中淋淀作用较一般土壤活跃。铁锰淋溶淀积特点成为判别水稻土发生特点的标志之一。

研究表明，随着水稻土的发育，铁锰在剖面中的淋溶淀积越来越明显。铁锰淋溶淀积层的发育程度及部位虽受地形、母质影响，但主要决定于水分状况，特别是水分的滞渍与渗漏。

状况及与之相关的  $E_h$  值微区分异，成为灰色胶膜、潜育斑点与锈纹锈斑镶嵌的花斑状土层的主要原因，且因水稻土类型不同花斑状土层的分异程度也不同。

铁锰在剖面中的淋溶特征被公认是水稻土发生特点之一，在这方面做了很多研究。在红壤丘陵地区新、老稻田土壤对比研究表明，随着种稻时间延长，铁锰剖面分异越来越明显，老稻田已形成两个铁锰淋溶层一个淀积层剖面，与黄棕壤丘陵地区侧渗水稻土铁锰剖面类似，如果侧渗水流部位较高，可能形成两个淋溶层与两个淀积层剖面。铁锰分离淀积被认为系水稻土特征之一。太湖地区爽水水稻土具备这一特征。滞水水稻土(漂洗水稻土)铁锰淋溶淀积量有特点，具备两个淋溶层与两个淀积层，与白浆土不同，系粘化层长期滞水造成的。潜育作用是铁锰淋溶为主，在研究不同类型潜育性水稻土铁锰剖面分布基础上，探索了区分原生潜育与次生潜育作用的指标。目前所见的潜育性水稻土大都承继了沼泽土的某些特征，对这类水稻土演变规律的研究也取得了很多成果。

水分状况与铁锰淋淀关系的模拟研究证明，铁锰的活化与淋溶淀积部位同水分的流动、停滞关系至密。

**(三)离铁作用的研究** 对我国水稻土中是否存在离铁作用的问题一直没有解决。目前的研究也未得出肯定的结论。

不同母质与水稻土表层和底层土比较，含钾量有降低现象，水云母减少，而高岭、蛭石量增加。白土层与黄泥层粘粒的  $\text{SiO}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$  比与  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  比也有变宽现象，粘粒阴离子交换量白土层亦低于黄泥层，粘土矿物亦有水云母减少，高岭、蛭石增加的现象。不同离铁程度水稻土粘粒中的含铁量分布亦有明显的淋溶淀积特征。实验室研究表明，在频繁的氧化与还原作用交替与维持一定渗漏量的条件下，可促进代换性钙离子淋溶，即使在中性条件下也有离铁作用的可能性。

**(四)水稻土某些理化性质的研究** 这方面的研究大都围绕土壤肥力进行的。人为耕作对水稻土肥力演变起了重要作用，对太湖地区平原与圩区水稻土养分的微域分布研究表明，只有磷素含量呈以村庄为中心的同心圆分布。

有机质含量通常作为土壤潜在肥力的指标，在研究不同有机物料腐殖化系数的同时，也分析了水稻土中腐殖质特性，水稻土与相应旱地土壤与自然土壤比，胡敏酸含量相对较高，芳化程度较低，腐殖物质较复杂。有机无机复合体的研究表明，太湖地区水稻土水稳定性团聚体有机碳含量随粒径加大而增加。

有机质与铁锰的络合既与水稻土发生有关，也与肥力水平有关，材料表明，红壤性水稻土中络合态铁，尤其锰比例较高，其量与铁锰的活化程度有关。通常所说的鳝血，也是一种有机铁的络合物，与基质土壤比，铝硅含量低，而铁锰，尤其络合态铁锰含量高，并具有网络结构。

### 三、水稻土的培育与改良

培育肥沃水稻土与改良低产水稻土是发挥稻田增产潜力的主要措施，所取得的研究成果不断在农业生产上发挥使用。

**(一)肥沃水稻土的培育** 这一工作是结合丰产经验总结进行的。在明确水稻土肥力演变的基础上研究了肥沃水稻土的形态指标，如鳝血土与泥肉田的土体构型及与肥力有关的理化性质。材料表明，各地肥沃水稻土的共同特点是土体构型好，渗漏性适中，耕层结构性好，养

分丰足，这类水稻土无障碍层，旱季地下水位在60—70cm，日渗漏量7—20mm，水气协调，又利于根系生长，同时可及时排除土层滞水，提高抗逆能力。太湖地区爽水水稻土三麦渍害的减产幅度一般不超过10%，而囊水与滞水水稻土渍害较重，减产高达30%。太湖地区肥沃水稻土非毛管孔隙多在8—10%之间，与相应的僵性土壤比，可高出1倍多，而珠江三角洲肥沃水稻土非毛管孔隙达14%。肥沃水稻土耕层有机质含量多在2.5—3.5%，而珠江三角洲土壤可高达4%。

用养结合是保持土壤肥力的主要措施，因此开展了耕作制与土壤肥力的研究。在肥沃水稻土上三熟制稻麦总产明显高于两熟制。三熟制下有利于有机质与氮素累积，但使钾素耗竭加剧。与两熟制下土壤比较，耕层土块压强增加，通气孔隙减少，还原物质含量亦增加。三熟制带来的烂耕烂耙可导致犁底层粘闭，久之则形成青泥层。

试验表明，肥沃水稻土基础肥力水平高，无肥区稻麦年总产可达7.8吨/公顷，而低产水稻土仅3.7吨/公顷。施肥区产量与上一致，分别为10.5吨/公顷与7.6吨/公顷。

为了不断改善肥沃水稻土肥力，研究了暗管排水效果，小麦一般增产10%。少耕免耕结果说明既可改善土壤通透性能，避免犁底层粘闭，又可省工增产，由此引起的钾素耗竭与磷素表聚现象犹待解决。

**(二)低产水稻土改良** 在调查主要低产水稻土类型基础上在某些地区相继开展了研究工作。

1. 淀浆型水稻土改良。50年代开展了太湖地区白土的研究，发现白土缺磷系低产原因之一，为以磷增氮提供了科学依据。通过轮作绿肥与施用有机肥可较快的改变淀浆性质，如耕层有机质达1.8—2.0%，淀浆性消失。

随着研究的深入又发现由白土粘化层造成的滞水是引起三麦渍害的主因，提出开深沟与暗管排渍的治理措施，效果明显。

2. 冷烂型水稻土的改良。过去里下河地区有大面积沤田。在研究土壤肥力演变规律与因土种植的同时，研究了沤改旱初期磷素固定问题，增施磷肥对促进三麦、油菜增产和保证沤改旱顺利进行起了积极使用。

在太湖地区针对三麦等渍害，开展了暗管排渍的研究，也取得了显著效果，之后又开展了节水灌溉研究，在保证水稻高产的同时，可大大节省用水与电力。

在湖南省也开展了潜育水稻土的研究，采用合理轮作，开沟排水等措施可明显改善土壤不良性质，增产效果显著。

**(三)咸酸性与粘结性水稻土改良** 咸酸田包括盐渍稻田与反酸田。在天津军粮城农场的试验表明，蓄积淡化的土壤地下水层是防治土壤返盐与巩固旱改水的根本措施。沿黄浸润区背河洼地放淤种稻可快速改良盐碱地，已取得明显的增产效益。在珠江三角洲行进的反酸田改良试验表明，采用蓄淡洗酸，填土隔酸与石灰中和酸性等综合措施，改土效果显著。石灰板结田的低产因素是土壤剖面中上部由于溶岩水与施用石灰形成石灰盘，影响水分渗漏与根系伸展，通过破坏石灰盘，增施有机肥与锌肥可改良低产性质。

我国低产水稻土的分类对指导改良研究也有重要参考价值。

## 参 考 文 献

- [1] 熊毅、李庆遠主编，中国土壤，科学出版社，1978(第1版)，1987(第2版)。  
[2] 熊毅等编著，土壤胶体，科学出版社，1983。

(下转第224页)

初始值，然后又采集电位，求导数  $D_1$ ，再发送滴定剂增量值(即每一次添加的体积)，再采集电位，求导数  $D_n$ ，判别  $D_n - D_{n-1} > S$  和点数  $M \leq 6$  否？若满足要求则停机，若不满足要求则继续进行滴定。得到第一根直线上五个点的电位和相应的体积值。直到  $D_n - D_{n-1} > S_1$  和  $M > 6$  的条件时转到曲线弯曲部分采集电位和发送滴定剂。当  $D_n - D_{n-1} < S_2$  时，转到采第二根曲线的电位和发送滴定剂值，采完 5 个点的数据后，进行数据处理。

4. 第一根直线取5个点进行线性回归,求出 $A_1$ 、 $B_1$ ;第二根直线取最后5个点进行回归,求出 $A_2$ 、 $B_2$ , 则二个方程为:

在等当点时， $E_1 = E_2 = E_{ep}$ ， $V_1 = V_2 = V_{ep}$ ，则

边滴定边画滴定曲线。滴定结束后，自动打印结果和作图。为了便于对滴定过程的研究，还可以提供滴定过程中各点的体积量、电位量的数据表。

综上所述，不难看出，在标准添加法和滴定分析法(人工滴定、硬件滴定与软件滴定)中，DAB-1型数字自动滴定管是一个必不可少的标准体积发送装置。

## 参 考 文 献

- 【1】方建安, 分析仪器, 第3期, 1984年。
  - 【2】中华人民共和国石油化学工业部, “化学试剂仪器分析”部标准, 北京, 1978年。
  - 【3】Tubbs, C. F., Anal. Chem. 26, 1670, 1954.
  - 【4】Hahn, F. L. and weiler, G. Z., Anal. Chem. 69, 417, 1926.
  - 【5】Wolf, S. Z., Anal. Chem. 250, 13, 1970.
  - 【6】方建安、王放生、杨坤策, 分析仪器, 第2期, 1989年。

(上接第195页)

- 〔3〕于天仁等,水稻土的物理化学,科学出版社,1983。
  - 〔4〕徐琪等,中国太湖地区水稻土,上海科技出版社,1980。
  - 〔5〕龚子同等,华中亚热带土壤,湖南科技出版社,1983。
  - 〔6〕龚子同等,关于水稻土次生潜育化问题,土壤学报,18(2),1981。
  - 〔7〕熊毅等,耕作制对土壤肥力的影响,土壤学报,17(2),1980。
  - 〔8〕程云生,水稻土的排水及其意义,土壤学报,20(3),1983。
  - 〔9〕中国农业科学院主编,中国稻作学第10章稻田土壤,1986。
  - 〔10〕何群等,中性水稻土的铁解及其影响,土壤学报,23(2),1986。
  - 〔11〕张喜群等,水分状况对物质移动及作物生长的影响,土壤学报,20(4),1983。
  - 〔12〕沈思润等,太湖平原主要土壤组合及其性质变异,土壤学报,23(3),1986。